

ANALISA PENGARUH JENIS BAHAN, SUHU, DAN KECEPATAN TOOL EXPANDER TERHADAP DEFORMASI MATERIAL PADA PROSES TUBE EXPANDING

Oleh :
Wendy Triadji Nugroho *)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis bahan, temperatur, dan kecepatan *tool expander* terhadap deformasi plastis material yang terjadi pada proses *Tube Expanding*. Hasil pengujian menyatakan bahwa deformasi yang paling kecil terjadi pada material Baja Stainless Steel ASTM A 249 Grade 2 dan temperatur *tube expanding* yang paling optimal terjadi pada temperatur 89,6 derajat Fahrenheit. Sedangkan kecepatan *tool expander* yang paling optimal saat deformasi terjadi adalah 0,708 inch per second.

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan adalah studi literatur berdasarkan penelitian terdahulu, mengambil data dari bagian *Engineering dan Production Planning Control* PT.BBI Pasuruan, melakukan simulasi pengujian dengan menggunakan Deform 3D, menganalisa data memakai *Design Of Experiment Taguchi Method*, serta menarik kesimpulan.

Hasil analisa dimanfaatkan sebagai bahan rekomendasi untuk perbaikan proses *Tube Expanding* di bagian *Engineering dan Production Planning Control* PT.BBI Pasuruan.

Kata kunci : *Deformasi plastis, Tube Expanding, Design Of Experiment Taguchi Method*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Proses *produksi waterbox condenser* terdiri atas beberapa bagian dari komponen – komponen pendukung *waterbox condenser* tersebut, yaitu *Condenser Shell, Transition Piece, exhaust connection, waterbox*, dan komponen yang terakhir adalah *Flash box*. Komponen- komponen tersebut melalui beberapa tahap proses produksi. Pada Komponen *condenser Shell* ini tahap proses produksinya yaitu : *Jointing* (penyambungan), proses *Hole cutting* (pemotongan lubang), *foot assembly, painting* (pengecatan), *support assembly*, instalasi awal, *shell assembly*, pengelasan, *covering, tube insert, expanding, seal welding, painting*, dan proses yang terakhir adalah *packing* atau pengepakan dari produk *waterbox condenser* tersebut. (*Hitachi Engineering & services,co.ltd, 2011*).

Proses produksi yang sama untuk komponen yang lain yaitu, *transition piece, exhaust connection, waterbox* , dan *flash box*. Pada komponen shell masih dibagi lagi menjadi komponen – komponen atau peralatan – peralatan pendukung lainnya yaitu : *support, tube support, baffle, tube sheet, vent piping, support part, dan tube*. Masalah yang diteliti adalah proses *expansion tube* nya yang sering mengalami kegagalan proses akibat pengaruh deformasi pada proses tersebut.

2. Permasalahan

Masalah yang ingin diteliti adalah bagaimana cara menentukan jenis bahan dan nilai temperatur serta kecepatan *tool expander* paling optimal agar kegagalan proses *Tube Expanding* akibat pengaruh deformasi dapat direduksi.

3. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian adalah :

- waktu pengambilan data adalah antara bulan Juni 2013 sampai dengan Juni 2014
- material uji dianggap homogen
- bahan yang dipakai dalam kasus ini adalah Stainless Steel ASTM B 268 grade 2, Titanium ASTM B 338 grade 2, dan stainless steel ASTM A 249 TP 317LN
- simulasi pengujian dengan menggunakan deform 3D
- analisa data memakai *Design Of Experiment Taguchi Method*

4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk menentukan jenis bahan, nilai temperatur, dan kecepatan *tool expander* yang menghasilkan deformasi terkecil.

METODOLOGI

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2013 sampai dengan bulan Juni 2014. Sedangkan tempat penelitian adalah di bagian *Engineering dan Production Planning Control* PT.BBI Pasuruan.

2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah Stainless Steel ASTM B 268 grade 2, Titanium ASTM B 338 grade 2, dan stainless steel ASTM A 249 TP 317LN. Sedangkan peralatan yang dipakai adalah mesin *tube expanding* “Sugino” buatan Jepang.

3. Metode Pelaksanaan

3.1 Pengambilan data

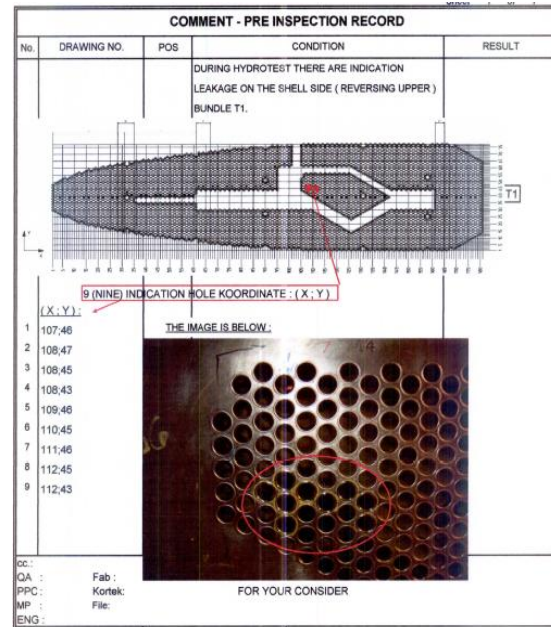
Data-data diperoleh dari pengukuran jumlah putaran atau rpm tool expander, torsi tool expander, gaya gesek (friction), berat dari tool expander, diameter dan jari-jari tool expander, dan temperatur tube expanding.

Mesin *Tube Expanding* ditunjukkan oleh gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Mesin Tube Expanding “Sugino”
(sumber : Katalog sugino tube expander tool)

Gambar 2 di bawah merupakan tube yang mengalami kebocoran setelah proses expanding (ditunjukkan oleh elips berwarna merah).

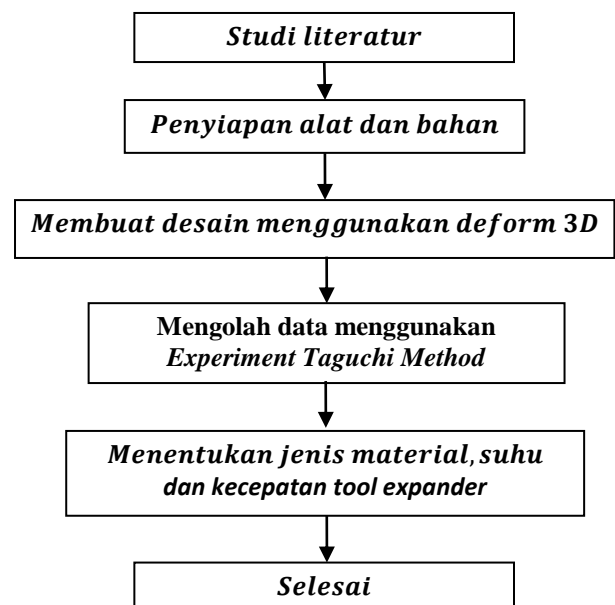


Gambar 2. Tube yang mengalami kebocoran setelah proses expanding
(sumber : PT.BBI Document report)

3.2 Pengolahan data

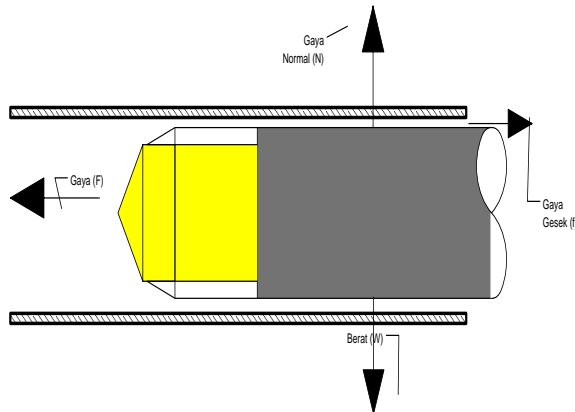
Data-data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan simulasi pengujian deform 3D. Sedangkan analisa data memakai *Design Of Experiment Taguchi Method*.

Adapun langkah-langkah pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Metodologi penelitian

Data berat dari tool expander adalah 8.5 kg, dan gambar garis-garis gaya dalam tool expander digambarkan seperti gambar 4. dibawah ini.



Gambar 4. Gambar garis gaya Proses Tube Expanding

Persamaan-persamaan yang berkaitan dengan analisa adalah:

Menurut Sularso ;(1983), rumus untuk mencari kecepatan dengan diketahui diameter dan jumlah putaran adalah :

$$N = 1000 \times V / \pi$$

d.....(1)

Dimana,

N = Jumlah putaran per menit

V = Kecepatan putar tool expander

D = Diameter tool expander

Pada simulasi software *Deform 3D*, data yang digunakan adalah kecepatannya. Dari persamaan (1), untuk mencari kecepatan tool expander adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{n \times \pi \times \text{diameter tool}}{1000} \dots \dots \dots (2)$$

Data-data untuk Diameter Tool Expander adalah 24 mm, 24 mm dikonversi satuannya ke dalam satuan Inch (satuan yang digunakan pada software *Deform 3D*) adalah 0.94 inch.

Persamaan Torsi adalah:

$$T = \frac{F}{r} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

T = Torsi dengan satuan N.m

F = Gaya dengan satuan Newton

r = jari-jari Tool expander dengan satuan m

Rumus hubungan antara gaya Normal dan Gaya gesek adalah :

$$\mu = \frac{f}{N} \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

μ = Koefisien gesekan antara tool expander dengan tube, dimana dalam penelitian simulasi ini, harga koefisien gesekan inilah yang akan dicari agar bisa dimasukkan ke dalam software *Deform 3D*.

f = Gaya Gesekan dalam satuan Newton

N = Gaya Normal dalam satuan Newton

DATA HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Pengukuran

Tabel 1 merupakan tabel Level dan faktor dari penelitian simulasi Proses Tube expanding.

Tabel 1. Tabel Level dan Faktor proses Tube Expanding

Project "X" proses Produksi Waterbox Condenser				
No	Faktor /Level	condenser 1	condenser 2	condenser 3
1	Friction (Koefisien Friction)	1.52	0.787	0.91
2	Material	Stainless Steel ASTM B 268 gr 2	Titanium ASTM B 338 gr 2	ASTM A 249 TP 317LN
3	Speed (Inch/Second)	1.1	0.67	0.708
4	Temperatur (Fahrenheit)	86	80.6	89.6

Pada Penelitian ini metode *taguchi DOE (Design Of Experiment)* menggunakan Tabel Orthogonal array L9. Level yang diambil adalah jenis proyek produksi waterbox condenser. Penelitian ini mengambil sample 3 jenis material waterbox condenser pada salah satu project di PT.BBI Pasuruan, yaitu : Titanium, baja ASTM A249, dan Baja ASTM A268. Faktor atau parameter yang diambil adalah : *friction tube expander tools*, jenis material dari ke – 3 project tersebut, kecepatan tube expander tools, temperatur. Selanjutnya dibuat tabel Orthogonal Array L9 seperti terlihat pada Tabel 2.di bawah ini :

Tabel 2. Orthogonal Array L9

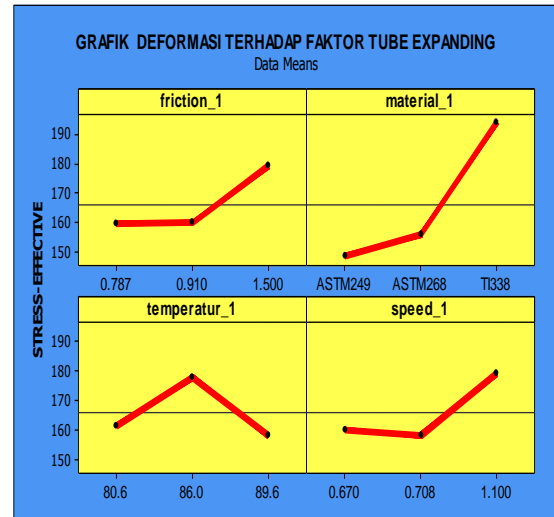
TABEL ORTHOGONAL ARRAY L9					
PERCOBAAN KE	FRICTION	MATERIAL	SPEED	TEMPERATUR(F)	DAMAGE
1	1.52	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	1.1	86	
2	1.52	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	0.67	80.6	
3	1.52	ASTM A 249 TP 317LN	0.708	89.6	
4	0.787	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	0.67	89.6	
5	0.787	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	0.708	86	
6	0.787	ASTM A 249 TP 317LN	1.1	80.6	
7	0.91	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	0.708	80.6	
8	0.91	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	1.1	89.6	
9	0.91	ASTM A 249 TP 317LN	0.67	86	

Output dari hasil pengolahan Simulasi dengan menggunakan metode *Taguchi* adalah grafik antara *friction*, *material*, *temperatur*, *speed*, sebagai sumbu X, dan dengan tegangan maksimal dari proses *Tube Expanding* sebagai sumbu Y. Tabel orthogonal Array ditunjukkan pada Tabel 3. dibawah ini

Tabel 3. Hasil Simulasi, *friction*, *material*, *speed*, *temperatur* (sumbu X), Tegangan efektif (Sumbu Y)

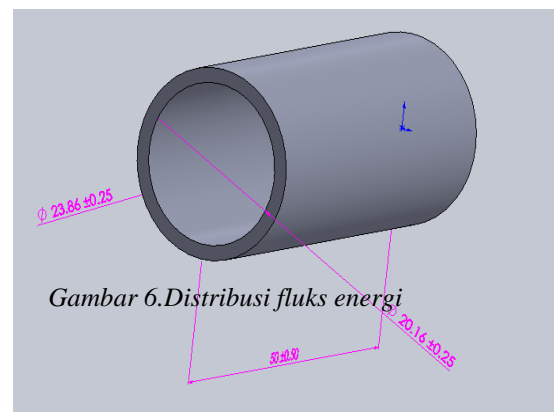
TABEL ORTHOGONAL ARRAY L9					
PERCOBAAN KE	FRICTION x Bar	MATERIAL (x bar)	SPEED (x bar)	TEMPERATUR(F) (x Bar)	STRESS- Y
1	1.52	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	1.1	86	
2	1.52	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	0.67	80.6	
3	1.52	ASTM A 249 TP 317LN	0.708	89.6	
4	0.787	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	0.67	89.6	
5	0.787	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	0.708	86	
6	0.787	ASTM A 249 TP 317LN	1.1	80.6	
7	0.91	STAINLESS STEEL ASTM B 268 gr 2	0.708	80.6	
8	0.91	TITANIUM ASTM B 338 gr 2	1.1	89.6	
9	0.91	ASTM A 249 TP 317LN	0.67	86	

Pengolahan data dengan menggunakan software Minitab 16, mendapatkan hasil sebagaimana dinyatakan oleh Gambar 5 di bawah ini.



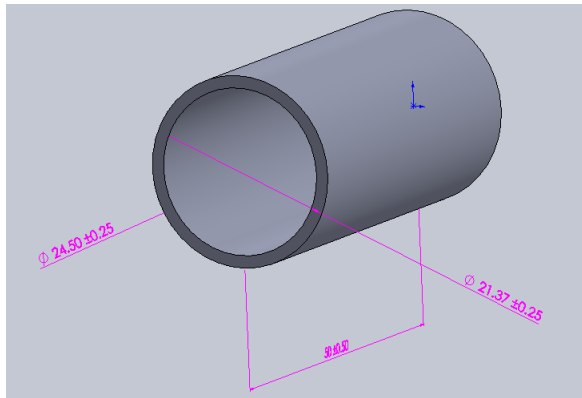
Gambar 5. Grafik Deformasi terhadap Faktor Tube Expanding

Reduction dari luas penampang *tube* untuk *tube* yang digunakan untuk alat *Heat Exchanger* adalah 6 - 8 % menurut standard API(American Petroleum Institute). Hasil dari Proses *tube expanding* ditunjukkan oleh gambar 6 dan 7 di bawah ini.



Gambar 6. Gambar tube sebelum direduksi diameternya dengan Proses Tube Expanding

Gambar 7. Fluks kalor radiasi



Gambar 7. Gambar tube setelah Proses Tube Expanding

2. Pembahasan

Gambar 6 dan 7 di atas merupakan hasil simulasi dari Program Minitab 16, dimana data hasil percobaan yaitu nilai *stress-effective* dirubah kedalam *Signal To Noise ratio*, dan diambil yang *Nominal the better*.

Setelah dilakukan percobaan simulasi menggunakan Program Software *Deform 3D* sebanyak 9 kali, maka diperoleh hasil simulasi proses *tube expanding* yang optimal agar tidak terjadi *deformasi material pada tube condenser*.

Grafik I, yaitu Grafik antara *Friction* dan *Stress-effective* terlihat bahwa nilai yang paling kecil terjadi *deformasi* yang optimal, *friction* antara *tool expander* dan *tube* adalah 0,787 inch.

Grafik II, Grafik antara *Material* dan *stress-effective* menyatakan bahwa *Deformasi* yang paling kecil terjadi pada *Material Baja Stainless Steel ASTM A 249 Grade 2*.

Grafik III adalah grafik antara temperatur dan *stress-effective* terlihat bahwa temperatur *tube expanding* yang paling optimal terjadi pada temperatur 89,6 derajat Fahrenheit.

Grafik IV, yaitu pada Grafik kecepatan *tool expander* dan *stress-effective*, maka kecepatan *tool expander* yang paling optimal saat *Deformasi* terjadi adalah 0,708 inch per second.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Hasil pengujian menyatakan bahwa *deformasi* yang paling kecil terjadi pada *Material Baja Stainless Steel ASTM A 249 Grade 2* dan temperatur *tube expanding* yang paling optimal terjadi pada temperatur 89,6 derajat Fahrenheit. Sedangkan kecepatan *tool expander* yang paling optimal saat *Deformasi* terjadi adalah 0,708 inch per second.

2. Saran

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat sebaiknya dilakukan:

- Pengecekan secara berkala terhadap Mesin Tube Expanding, agar diperoleh hasil pengujian yang presisi
- Menguji specimen yang akan digunakan apakah bahan tersebut dapat dikategorikan sebagai material yang homogen
- Melakukan verifikasi periodik terhadap data-data hasil pengukuran dengan tujuan didapat hasil yang valid
- Hasil kesimpulan penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan untuk memperbaiki proses *Tube Expanding* di bagian Engineering dan Production Planning Control PT.BBI Pasuruan

DAFTAR PUSTAKA

- Wuryandari, Triastuti, 2009, "*Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk pada Rancangan Faktorial*";Jurnal Media Statistika ;vol.2 no.2 FMIPA, UNDIP
- Sularso, 1983, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, PT.Pradnya Paramitha
- Bagchi,TP, 1993.,"*Taguchi Method Explained ,Practical step to Robust Design*". Prentice ,Hall Of India Private Limited , New Delhi.
- Montgomery, DC, 2005., "*Design And Analysis Of Experiments*",sixth edition ,John Willey and Sons Inc.,Singapore.
- Ross.PJ. 1996.,"*Taguchi Techniques For Quality Engineering*" ,second edition., McGraw Hill Companies Inc.,New York.
- Almeida., 2006.,"*Expansion and reduction of Thin walled tube using a Die :experimental and theoretical investigation*"., Elsevier International Journal of Machine Tool and manufacture 46 ,1643-1652.
- Shakeri., 2007., "*Expansion Of Circular Tubes by Rigid tubes as impact energy absorber :experimental and Theoretical investigation*".,Dept.Of Mechanical Engineering of Amirkabir University of Technology.,Vol 12 No.5.Page 493- 501

Zukeri., 2010., "*Studi On Cutting operation In Turning Process By 3D simulation Using Deform 3D*". Faculty Of Mechanical and Manufacturing Engineering University Tun Husein Onn.

Uma Sakaran, 1992., "*Research Methods for Business: A Skill Building Approach*, second edition", New York: John Wiley & Sons, Inc, page. 7-19.

Boothroyd., G., W.A. Knight., 1989., "*Fundamenta of Metal Cutting and Machine Tools*". New York., Marcel Dekker Inc.

Bharati., 2012., "*Analysis Of Tube End Formability of AA 2024 Tubes using FEM*". Dept. Of Mechanical engineering, NITW, India, *International Journal of current engineering and technology*, Vol 2.No.1.